

INFLUENCIAS DE LA TECNOLOGÍA MILITAR EN LA SOCIEDAD CIVIL

J. A. MARTÍN PEREDA
Y
ANA GONZÁLEZ MARCOS*

No es el objetivo de estas líneas el avance por un camino que vaya señalando cómo muchas de las etapas tecnológicas que la sociedad civil ha seguido a lo largo de la Historia son el reflejo de una actividad previa en el sector militar. Esto constituiría más el desarrollo histórico de un segmento de la política científica de los Estados que el análisis de las repercusiones que la tecnología de Defensa ha tenido sobre el entorno civil. De hecho, las políticas de Defensa han tenido, a lo largo de los siglos, una incidencia notoria sobre los sistemas de Ciencia y Tecnología de los diferentes países.

La configuración de la estructura militar, tanto en épocas de tensión como de paz, ha estado en casi toda la Historia bastante alejada de la que mantenía la civil. Y no nos estamos refiriendo a la pura estructura jerárquica, sino más bien a los usos y formas de actuar de la misma, y, más en concreto, en lo que se ciñe a la respuesta ante determinadas situaciones y necesidades. Es evidente que, desde los albores de los ejércitos, uno de los requisitos más perentorios que se les presentaban era el de la unificación de pertrechos, tanto de vestimentas como de armamento. Esta unificación no comenzó a ser introducida a gran escala, de hecho, hasta el siglo XVII. Hasta entonces, la mayor parte de los uniformes existentes eran tan sólo los de los sirvientes de los grandes nobles o de las municipalidades.

En tropas pequeñas, un conocimiento casi personal de sus componentes no obligaba a un símbolo externo adicional. Pero con ejércitos como el de Luis XIV, que llegó a alcanzar casi 100.000 hombres, la necesidad de adoptar algo que indicara la unidad interna imponía el uso de idénticos pertrechos para todos. La demanda a la industria de los uniformes necesarios no era pequeña y, de hecho, fue la primera demanda en gran escala de mercancías totalmente estandarizadas que se hizo en el mundo occidental. Los gustos o las necesidades individuales eran ajenas a los condicionantes de los nuevos departamentos de producción, y así aparecieron las condiciones perfectas para la mecanización completa. Las industrias textiles sintieron esa masiva demanda, y cuando la máquina de coser fue inventada por Thimonnet de Lyon, en 1829, no es de extrañar que el primero que propuso utilizarla fuese el Ministerio de la Guerra francés. A partir del siglo XVII, el ejército se convirtió en el modelo no sólo de la producción, sino del consumo ideal bajo el sistema mecanicista.

Es de recalcar también otro hecho significativo, y es el de que el ejército puede considerarse como un cuerpo de puros consumidores. Cuando la sociedad se encontraba en una situación en la que el desarrollo de un sistema capitalista de producción, basado en el deseo de incrementar los símbolos abstractos de poder y riqueza, quedaba frenado por sentimientos humanos como la memoria afectiva o la ausencia de una necesidad perentoria de sustitución y que hacían que la vida de un producto se prolongase mucho más allá de lo que una economía abstracta hubiera señalado para su sustitución, las necesidades del ejército eliminaban cualquier tipo de barreras. Como señala L. Mumford (1), "la más pródiga y fastuosa familia no puede competir con un campo de batalla en rapidez de

consumo. Un millar de hombres segados por las balas constituyen una demanda de más o menos un millar más de uniformes, un millar más de fusiles, un millar más de bayonetas y un millar de obuses disparados por los cañones no pueden ser recuperados y usados nuevamente”.

Al mismo tiempo que se estaba introduciendo en la sociedad occidental una incipiente producción en masa en la industria textil, gracias a los desarrollos de la máquina militar, aparecía otra estandarización: era la de la producción de mosquetes a finales del siglo XVIII. En 1785, Le Blanc, en Francia, fabricó mosquetes con piezas intercambiables, lo que constituía una absoluta novedad en la producción y un modelo para todos los proyectos mecánicos futuros. En 1800, Eli Whitney produjo un arma estándar en su fábrica de Whitneville. La base de su desarrollo se encontraba en la técnica de fabricación de partes intercambiables, con lo que se establecía así una metodología que luego sería seguida ampliamente tras el invento de la máquina de coser o la cosechadora. Esta técnica fue una aportación fundamental para grandes logros posteriores realizados por inventores y fabricantes en campos conexos. Por otra parte, quedaba garantizado su éxito por la demanda en firme y segura del ejército.

Cuando la máquina de coser fue inventada en 1829, el primero que propuso utilizarla fue el Ministerio de la Guerra francés

Un paso análogo, dirigido hacia la producción normalizada, se dio en la marina británica casi al mismo tiempo. En la época de sir Samuel Bentham y de Brunel, las diferentes cuadernas y planchas de los barcos de madera se comenzaron a cortar según medidas uniformes: la construcción se convirtió entonces en la ensambladura de elementos medidos con precisión, en lugar de la

producción artesana de cortar y ensayar.

Y conjuntamente con lo anterior, en otro segmento tecnológico, la industria de Defensa obligó también a una aceleración en el camino. Nos estamos refiriendo al de la metalurgia. La fundición de cañones no fue simplemente el gran estímulo de la técnica perfeccionada de la fundición, sino que la demanda de hierro de calidad superior fue de la mano con el incremento del bombardeo de la artillería como preparación para el asalto. En realidad, la rigurosa base

matemática y la creciente precisión del fuego de la artillería misma la pusieron de modelo para las nuevas artes industriales. Napoleón III, a mitad del siglo XIX, ofreció una recompensa por un procedimiento económico de fabricación de acero capaz de resistir la fuerza explosiva de las nuevas bombas. El procedimiento Bessemer fue la respuesta directa a esa demanda.

Ejemplos como los anteriores podían continuarse de manera casi indefinida, abarcando una época centrada entre los siglos XVIII y XIX. No es necesario presentar más casos particulares, ya que con lo ofrecido hasta aquí se puede plantear un hecho en el que, indirectamente, la tecnología de Defensa ha influido de manera profunda sobre la concepción actual del sistema Ciencia-Tecnología. No queda ninguna duda de que éste está, en gran manera, directamente relacionado con el tipo de sociedad en el que nos encontramos, y que no pueden ser iguales las estructuras que lo articulan, independientemente de la concepción orgánica que mueva el sistema de mercado existente.

De acuerdo con lo anterior, parece bastante evidente el que la tecnología de Defensa ha sido un factor esencial en el establecimiento del capitalismo industrial. El paso a la sociedad civil de las estructuras que hemos planteado en párrafos anteriores es, de manera simple, el cambio de los soldados de épocas anteriores por obreros o consumidores civiles, el cambio de estrategias militares por estrategias corporativas, el cambio de una planificación de necesidades militares por la planificación de ventas. Todos los mecanismos de la sociedad industrial que nos rodea, las ventajas y los inconvenientes de un mercado basado en el consumo, los elementos de la producción en serie, la existencia de grandes almacenes con productos genéricos de uso universal y la necesidad constante de innovación para conseguir nuevas parcelas de actuación, se encontraban ya en la industria militar del pasado siglo. No es sorprendente, en consecuencia, la preocupación que asalta hoy a muchos ante la hipotética situación de un mundo imbuido de una filosofía de desarme y que debería, según ellos, adoptar otro concepto de progreso que sustituyese al que ha representado en los últimos siglos el sector militar. Es éste un tema que debe quedar como motivo de reflexión para el futuro.

Las prioridades

Aunque parece que ha quedado claro que la sociedad militar ha tenido una cierta prioridad en el planteamiento de determinados conceptos sociales, no es tan claro que haya sido siempre igual cuando nos

adentramos ya en el terreno tecnológico. Y para ello, basados en la obra de G. Basalla (2), vamos a plantear dos casos por completo antagónicos, en los que, en uno de ellos, las necesidades militares arrastraron el desarrollo industrial de un elemento ya existente con anterioridad, y en otro, el desarrollo tecnológico de un concepto que, aunque ya había aparecido en el terreno de la Ciencia, no lo había hecho aún en el de su implementación técnica.

Reforzamiento del desarrollo del camión

El primero que vamos a considerar es el de la introducción del camión de transporte en el mercado. Como ya es conocido, los primeros años del presente siglo vieron los comienzos de la edad del automóvil. Hacia 1910, estaban ya matriculados en Estados Unidos del orden de 485.000 automóviles; pero, por el contrario, el número de camiones de transporte sólo llegaba a poco más de 10.000. El lento avance de éstos en la sociedad civil no se había hecho por falta de desarrollo, ya que desde 1880 se habían desarrollado una multitud de tipos y variedades, desde simples modificaciones en tamaños y formas, hasta prototipos con motores de gasolina, eléctricos o de vapor.

La tecnología de Defensa ha influido de manera profunda sobre la concepción actual del sistema Ciencia-Tecnología

demostraba que el transporte y consiguiente reparto de mercancías era considerablemente superior mediante camiones que mediante caballerías. En esa misma dirección, en 1909, el *Scientific American* publicaba un artículo que señalaba la necesidad futura, para cualquier tipo de negocio, del uso de los camiones por delante de cualquier otro método de transporte pesado. A pesar de todo ello, las ventas de camiones aumentaron de una manera apenas perceptible durante esos años, y la confianza seguía depositada en los transportes de mercancía tirados por caballerías.

La situación anterior cambió drásticamente con la entrada en operaciones de guerra del camión; primero

Ya en 1900, un profesor de la Cornell University había publicado un trabajo en el que, haciendo un estudio económico comparativo de las tracciones por caballería y por transporte mecánico, indicaba que la ventaja estaba a favor de los segundos en una relación 25 a 40. En 1904, la American Express Company publicó los resultados de un estudio en el que se

contra Pancho Villa y su ejército, en 1916, y contra las potencias del centro de Europa, Alemania y el Imperio Austro-Húngaro, en la primera Guerra Mundial, después.

Los estrategias militares aún no habían abandonado la tracción animal cuando estalló la primera Gran Guerra. Pero nada más iniciarse las hostilidades, Francia e Inglaterra demandaron una gran cantidad de automóviles, ambulancias y camiones. Este hecho estimuló fuertemente a los fabricantes americanos, que hubieron de multiplicar sus cadenas de producción. Al mismo tiempo, el presidente Wilson ordenó al general J. J. Pershing penetrar en México y capturar a Pancho Villa, después de que éste hubiera atacado parte del territorio de Estados Unidos. Para hacerlo, Pershing pidió 1.890 camiones de transporte, cuando el número total de los que disponía el ejército americano no llegaba a los 1.000.

Cuando terminó la infructuosa campaña mexicana, Pershing contaba con 2.700 camiones y Estados Unidos se disponía a entrar en la Gran Guerra. Los fabricantes americanos habían enviado ya a los aliados unas 40.000 ambulancias y camiones, pero Pershing, al hacerse cargo de la fuerza expedicionaria americana, solicitó un refuerzo de 50.000 camiones más para incrementar el envío de tropas y suministros desde las estaciones de ferrocarril a las líneas avanzadas del frente.

Los campos de batalla de la primera Guerra Mundial sirvieron de piedra de toque para el diseño de los motores, las transmisiones y las formas del camión, al tiempo que los requisitos militares ayudaron a proporcionar una cierta uniformidad y estandarización en los procesos de fabricación. Los usos del camión demostraron su adaptabilidad a diferentes entornos y la financiación de los Gobiernos permitió la multiplicación de las instalaciones de desarrollo. En un artículo editorial del *Horseless Age*, de 1918, el principal exponente de la motorización de Estados Unidos, se podía leer que la guerra había sido la principal propaganda del camión a nivel mundial, mucho más que cualquier otro tipo de acción que se hubiera podido hacer. El historiador R. F. Karolevitz, en 1966 (3), señalaba que "la primera Guerra Mundial había sido la cuna en la que el camión se había alimentado".

En 1914, la producción de camiones en Estados Unidos se estimaba en 24.900 unidades. Cuatro años más tarde esta cifra había ascendido a 227.250. A partir de entonces, y salvo una ligera caída durante la depresión de 1921, el nivel de producción de camiones jamás volvió a los niveles previos a los de la guerra. Su importancia, tanto para épocas de conflictos como de paz, quedó demostrada, y, con ello, una nueva forma de

entender el transporte entró en escena. De hecho, casi como consecuencia de todo lo anterior, en los años de posguerra, la defensa nacional volvió a ser reclamada, en Estados Unidos, como apoyo para el desarrollo de un sistema de autopistas a nivel estatal que pudiera servir para apoyo logístico. El *mapa de Pershing*, que contenía las principales arterias de comunicación viaria que serían necesarias para un conflicto, coincidió, casi en su totalidad, con las necesidades industriales y comerciales planteadas por otros cauces. Con ello, el transporte por carretera recibió una considerable ayuda, por delante del ferrocarril, que ha conducido a la situación actual de predominio de aquel medio sobre éste. La incidencia de Defensa, en este caso, quedó patente sobre la forma futura de proceder de la sociedad civil.

Desarrollo de la energía nuclear

Este caso, dado que es más familiar para todos, será tratado con menor detalle que el anterior, aunque su importancia está muy por encima de otros y las consecuencias que se siguen derivando de él no cesan de aumentar.

Esta tecnología ha sido un factor esencial en el establecimiento del capitalismo industrial

Así como el camión ya existía plenamente desarrollado antes de la primera Gran Guerra, la energía nuclear en general, y los reactores nucleares en particular, fueron un producto derivado claramente de los usos militares de la segunda Guerra Mundial.

La subida de Hitler al poder, en la década de los treinta, urgió a una larga lista de científicos

a dirigirse a sus respectivos Gobiernos, advirtiéndoles del peligro si el dictador nazi llegaba a fabricar un ingenio atómico con fines militares. Los conceptos científicos estaban ya claramente asentados desde hacía tiempo, pero no se había hecho nada para conseguir un desarrollo tecnológico concreto.

Una de las personas clave para el posterior desarrollo del tema fue el físico húngaro Leo Szilard, que había escapado de la Alemania de Hitler en 1933. Hacía algún tiempo que había llegado a la conclusión de que una reacción nuclear en cadena sería capaz de liberar una gran cantidad de energía, tanto para fines militares como para usos pacíficos. En octubre de 1939 dirigió

en este sentido una carta, firmada por A. Einstein, al presidente F. D. Roosevelt. En ella le indicaba la posibilidad, puesta de manifiesto por recientes estudios teóricos en Física Nuclear, de construir una poderosa bomba de efectos muy superiores a las convencionales, basada en principios ampliamente conocidos en ambientes científicos.

A los tres años de la carta Szilard-Einstein, el ejército americano recibió el encargo de dirigir el *proyecto Manhattan* para el desarrollo de una bomba atómica. Este proyecto empleó a más de cien mil hombres y mujeres, e invirtió más de dos billones de dólares. Su producto final fue lanzado sobre Hiroshima y Nagasaki. Las primitivas esperanzas de conseguir una fuente de energía barata y abundante habían sido dejadas atrás por los esfuerzos de científicos e ingenieros, que habían centrado sus esfuerzos en la realización de la primera bomba atómica.

Los desarrollos llevados a cabo en el *proyecto Manhattan* pudieron ser transferidos posteriormente al sector civil para la producción de energía nuclear. El *uranio-235*, originalmente empleado como explosivo de la bomba de Hiroshima, sirvió como combustible de los reactores en uso en las plantas de la posguerra. De hecho, el primer reactor fue ya construido en 1942, en la Universidad de Chicago, con la primera pila de uranio construida por Enrico Fermi y bajo los auspicios del *proyecto Manhattan*.

Otros reactores, mucho más poderosos y potentes, fueron construidos a partir de entonces, y, aunque su destino final no era exclusivamente la generación de energía, sino más bien la de otros materiales como el plutonio, su conocimiento permitió el posterior desarrollo de esta tecnología para que pudiese llegar a los niveles en los que actualmente se encuentra. Situación que no es, como puede apreciarse, la ideal que podía leerse en los escritos de posguerra, en los que se anunciaba el futuro de un paraíso atómico sin enfermedades, pobreza y preocupaciones. Los reactores no han avanzado a una posición en la que puedan producir energía sin ningún tipo de peligro, y sus desechos constituyen uno de los problemas más acuciantes con los que se enfrenta la tecnología. Pero ése es otro tema que se escapa del objetivo de estas líneas.

Caminos paralelos

Así como los anteriores casos planteados han podido constituir una especie de ejemplo característico de dos situaciones muy diferentes, la Historia nos muestra muchos otros en los que el avance de la tecnología civil

y la militar han seguido caminos paralelos, con apoyos mutuos y adelantos alternativos. Quizás, sólo por la importancia que en nuestros días tienen las Tecnologías de la Información consideradas en su más amplio sentido, parece conveniente hacer ahora unas pequeñas digresiones sobre la importancia que esta especie de colaboración ha tenido, y puede tener en el futuro, sobre la forma de comportarse de ambas sociedades: la civil y la militar.

No vamos a entrar de lleno en la notable incidencia que ambas guerras mundiales tuvieron sobre el desarrollo de las comunicaciones. Sólo, a modo de ejemplo y de manera sintética, presentaremos algunos de los más significativos hechos relativos a este campo y donde puede verse claramente la notable influencia que ambas guerras tuvieron sobre los dispositivos y las técnicas que, en gran parte, apoyan todavía mucho de lo que se hace en comunicaciones. Es lo que se presenta en la tabla I (4), en la que se ofrece una cronología de dispositivos, técnicas y aplicaciones desde los años de la primera guerra a los años posteriores y próximos al final de la segunda.

Como puede verse, casi todos los conceptos todavía vigentes en comunicaciones estaban ya allí presentes. Muchos de ellos ya circulaban por la sociedad civil antes de que se introdujeran en el campo de batalla. Pero para algunos otros fue necesario el empujón bélico para que se desarrollaran. El caso del radar es, creemos, uno de los más conocidos. El transistor, por el contrario, aunque surgido en esos años, es posible que hubiera tenido una vida equivalente sin la guerra, a pesar de que, debido a ella, la investigación en ese campo se hizo mucho más activa y las formas de

coordinar los esfuerzos se mejoraron de forma considerable, principalmente entre Gran Bretaña y Estados Unidos. En concreto, uno de los hechos que parece pudieron acelerar su invención fue la aparición de una serie de esfuerzos comunes para introducir a los semiconductores en aplicaciones radar.

El proyecto Manhattan de 1942 empleó a más de cien mil hombres y mujeres e invirtió más de dos billones de dólares

Si el transistor no fue obtenido como producto de un esfuerzo bélico, los ordenadores, que tampoco puede decirse que sean un producto de Defensa, sí recibieron un fuerte avance en los años de la segunda Guerra por las necesidades de cálculo que se precisaban en balística. Durante los años de guerra, varios ordenadores, tanto analógicos como digitales, fueron construidos en los laboratorios Bell para el control de los

disparos, así como para el descifrado de códigos.

Por el contrario, el papel que el ejército desempeñó en la entrada en escena de la miniaturización de los componentes, que a la larga conduciría a los circuitos integrados, es algo bastante debatido y en lo que no vamos a entrar aquí. Sí parece oportuno, por el contrario, introducir un nuevo planteamiento (5) que

Tabla I
Innovaciones e invenciones relacionadas con Comunicaciones

	Hasta 1920	Entre guerras	Segunda Guerra Mundial y posguerra
Materiales y dispositivos	Diodo (1904) Triodo (1906) Válvulas RF (1915)	Pentodo (1926) Iconoscopio (1933)	Klystron (1939) Vidicon (1950) Transistor (1948) TWT (1942)
Técnicas y conceptos	Amplificación Realimentación Electrónica lineal Circ. Radio	Síntesis redes (1920) Estabilidad Nyquist (1932) FM (1933) Gran uso VHF	Estabilización de Bode (1945) Circuito impreso (1945) Teoría de la Información (1948) Electrónica digital Técnicas de pulsos
Aplicaciones circuitos	Amplificadores (1911) Osciladores (1911) Recept. Regener (1912) Circ. telef. (1918) Multivibradores (1919) Filtros (1920)	Radio pública (1920) Demostración TV (1929) Circuitos rect., Limitadores Sincronismo Amplif. banda ancha,	Contador de décadas (1944) Computadores analógicos y digitales Radar. Radionavegación Televisión color Desarrollo microondas

señala la importancia de la evolución tecnológica habida en los ejércitos en las últimas décadas, y su relación con ciertos cambios de mentalidad que se inician en la sociedad actual.

Las etapas de tensión casi siempre han conducido a un fuerte desarrollo tecnológico

Es un hecho evidente que, según avanza la incorporación de tecnología en las fuerzas armadas, el papel que desempeñan los combatientes es cada vez más distinto al tradicional. Cuanto más basadas están las armas en técnicas electrónicas, el enemigo es cada vez más invisible. De hecho en muchas circunstancias no se le llega a ver jamás y,

consecuentemente, no hay enfrentamientos directos como en los que se basaban las guerras de pasados siglos. Y con ello se pierde uno de los factores que, como apuntaba Cynthia Enloe (6), servían de base para la tradicional dicotomía entre el hombre y la mujer. Enloe enfatiza el hecho de que *"the maleness of militarism is an appearance sustained only by the systematic denial of certain awkward facts and tendencies"*, y continúa *"For example, as weapons become more and more heavily based on electronics, the role of traditional male 'virtues' is diminished while simultaneously the salience of women's labour becomes ever greater"*. Parece significativo que gran parte del cambio de papeles que la mujer está realizando hoy en la sociedad ha sido paralelo al cambio de tecnologías introducidas en los diferentes ejércitos. Con lo que podemos tener ante nosotros un nuevo tema de estudio de esta interrelación entre sociedad civil y militar que estamos comentando. Pero esto debería ser objeto de un estudio por sí mismo.

Conclusiones

No se ha pretendido hacer, en este artículo, un inventario completo de las relaciones entre los sistemas de Ciencia y Tecnología civil y militar, ni tampoco de cuál puede ser su evolución en los próximos años. De acuerdo con lo visto, sí parece evidente que ambas sociedades han caminado bastante unidas a lo largo de la Historia y, quizás, mucho más en el presente siglo. Las influencias que ambas sociedades han tenido la una sobre la otra no lo han sido sólo en el sector tecnológico, sino que esta influencia ha traspasado los cauces técnicos y ha llegado a los sociológicos. La

incidencia ha sido mutua y su evolución no parece que sea posible predecirla hoy. La situación mundial, tal y como ya ha sido planteado (7), puede repercutir de formas muy variadas sobre las estrategias que se adopten en los diferentes Estados.

Un hecho sí parece claro, y es que, aunque aquí no ha sido tratado, las etapas de tensión casi siempre han conducido a un fuerte desarrollo tecnológico. El ejemplo más claro lo hemos tenido en los últimos años, en los que, a pesar de no haber enfrentamientos directos entre los grandes bloques, la guerra fría existente condicionó un cierto desarrollo tecnológico en una determinada dirección. Recuérdese la *iniciativa de defensa estratégica*. Por el contrario, las épocas de calma parece que han propiciado más el desarrollo científico, con el descubrimiento de nuevos fenómenos o nuevas causas que, con el tiempo, pueden llegar a conducir a saltos tecnológicos.

Es de desear que la etapa en la que nos adentramos esté más próxima a este segundo hecho que al primero. En cualquier caso, siempre habría que recordar a Heráclito cuando decía que "el combate es padre de todas las cosas y de todas también es rey"; y también cuando recalca que "hay que saber que la guerra es estado continuo, que discordia es justicia y que según discordia y necesidad se engendran todas las cosas" (8). Parece que la Humanidad se ha movido a lo largo de los siglos por la aparición de tensiones y de enfrentamientos. Pero quizás parece mucho más esperanzador intentar aunar lo dispar y llegar a la coordinación de esfuerzos. O, como dijo Filolao, "es Armonía unificación de lo mezclado y concordancia de discordantes" (8). La nueva fase quizás llegue a ser eso.

Referencias

- (1) L. MUMFORD: *Técnica y Civilización*. Alianza Universidad, 1977.
- (2) G. BASALLA: *The evolution of Technology*. Cambridge University Press, 1988.
- (3) R. F. KAROLEVITZ: *This was trucking*. Seattle, 1966
- (4) W. A. ATHERTON: *From Compass to Computer*, San Francisco Press, 1984,
- (5) *The Social Shaping of Technology*. Eds. D. MacKenzie & Judy Wajcman. Open University Press, 1985,
- (6) C. ENLOE: *Does Khaki become you?* London, 1983.
- (7) J. A. MARTÍN-PEREDA: Repercusiones de las etapas de Desarme sobre las políticas nacionales de Ciencia y Tecnología". IV Jornadas Fuerzas Armadas-Universidad Politécnica de Madrid. Octubre, 1990.
- (8) *Los Presocráticos*. Fondo de Cultura Económica. México, 1978.

* J. A. Martín Pereda es catedrático de Tecnología Fotónica de la ETSI de Telecomunicaciones. Ana González Marcos trabaja en el departamento de Tecnología Fotónica de la ETSI de Telecomunicaciones.